

# 産業廃棄物投入場からの流出処理水にかかわる生態調査

小 杉 廸 子・森 本 博\*

## Ecological Investigations on the Outflow Water from Industrial Wastes

MICHIKO KOSUGI and HIROSHI MORIMOTO\*

産業廃棄物処理水が河川に流入し、それがどのような影響を水生生物に及ぼすかを見るために、佐保川（奈良県）の上流域に存在する処理場（2ヶ所）を中心に5つのStationを設けた。採取した材料により種類数、優占種、個体数等を算出し水質汚濁の検討を行なった。

その結果、佐保川本流の水量が多い地点では $\beta$ ms（ややきれい）の判定となったが、処理場直下の地点では水生生物が出現しても増殖が殆んどなく、汚濁種すら生育しない事実が明白になった。

### I. はじめに

この調査の対象となる産業廃棄物処理場は、奈良市

芝辻町平野に所在し、1973年10月に許可が下りてから、山末組により約10年間投入が行なわれていた。浸出水の処理施設は1977年6月に完成している。

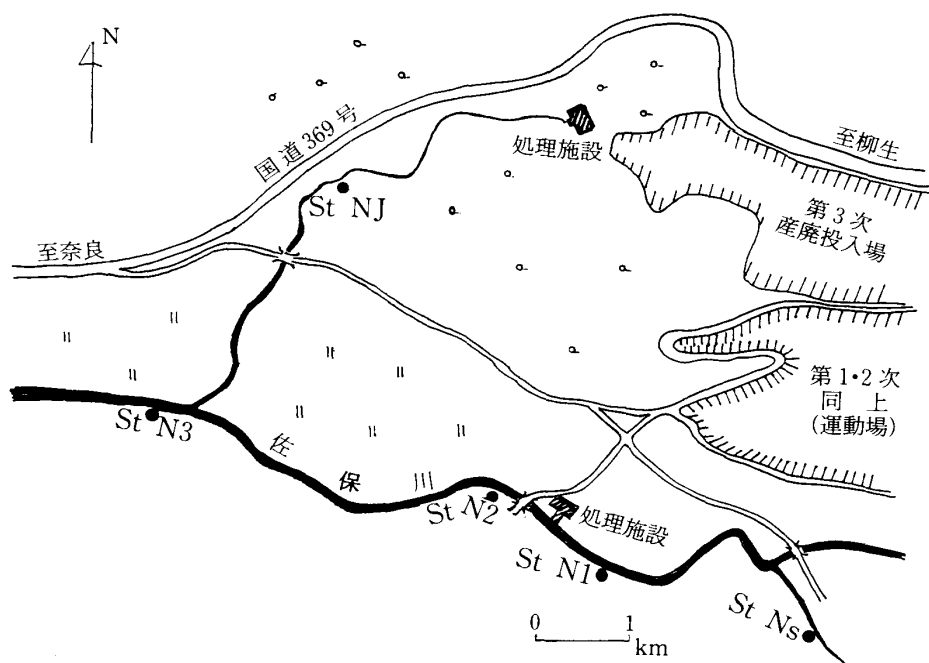


Fig 1. 採集地点見取図

京都府立大学生活科学部応用生物学研究室

Laboratory of Applied Biology, Faculty of Living Science, Kyoto Prefectural University

\*三重県立上野高等学校

Mie Prefectural Ueno Senior High School

調査期間は、予備調査も含めると1979年7月から、現在に至るまで続けている。

ここでは、1981年より1985年までの5ヶ年間を取り上げ、調査月は1年間に2, 3, 5, 7, 10月の5回で計22回の調査を行なった結果をまとめたものである。

各 Station (以下 St と略す) の状況を簡単に説明すると次の通りである。

St NJ 第3次投入場より産廃処理水が流れてくる地点で佐保川に流入する手前の小流。

St NI 第1・2次投入場から産廃処理水が佐保川に流入する地点の上流部

St N2 N1の下流で流入地点の直下部

St N3 NJからの小流が佐保川に流入する合流地点

St NS 処理水の影響を全く受けない対岸の支流

なお、各 St 毎に気温、水温、PH 値を測定した。

## II. 方 法

### A. 水生動物

表1 採集動物種類数

昆虫類			
カゲロウ目	38種	広翅目	3種
カワゲラ目	21種	扁翅目	1種
トビケラ目	20種	鞘翅目	4種
トンボ目	12種	双翅目	31種
半翅目	7種		
甲殻類	5種	軟体動物	2種
環形動物	1種	扁形動物	1種
計			146種

表2 水生無脊椎動物の目録

マエグロヒメフタオカゲロウ <i>Ameletus costalis</i>
チラカゲロウ <i>Isonychia japonica</i>
△ユミモンヒラタカゲロウ <i>E. curvatus</i>
サホコカゲロウ <i>Baetis sahoensis</i>
トゲトビイロカゲロウ <i>Paraleptophlebia spinosa</i>
オオクマダラカゲロウ <i>E. okumai</i>
オオシカワゲラ一種 <i>Nemoura sp</i>
ヤマトクロカワゲラ <i>Capnia japonica</i>
フタスジミドリカワゲラモドキ <i>Isoperla nipponica</i>
◎ウルマーシマトビケラ <i>Hydropsyche orientalis</i>
◎コガタシマトビケラ <i>Cheumatopsyche brevilineata</i>
カワトンボ <i>Mnais strigata</i>
キリウジガガンボ一種 <i>Tipula sp</i>
△ブユ一種 <i>Simulium sp</i>
シロアブ一種 <i>Tabanus sp</i>
△ニホンヨコエビ <i>Rivulogammarus nipponensis</i>
プラナリア一種 <i>Dugesia sp</i>

### 1. 調査方法

水底の礫などをできるだけ多く取り出し、手網(サラン網)にうけてバットに収めた後、水生昆虫その他すべての動物を採集するようにつとめた。なお一定時間(約15~20分)流れの中央部だけでなく、岸に沿った落葉の堆積や植物の根元など多様な微生息場所(Micro Habitat)から集めるようにした。

採集した動物は70%アルコール溶液で固定して持ち帰り、顕微鏡で同定した。

### B. 藻類

#### 1. 調査方法

各 St の水流の激しい瀬と岸辺の澁んだ川床から礫を取り、付着している藻類をブラシでかき落とし、5%のホルマリン水で固定した。この際、材料の量を一定にするために5×5cmのコアドラートを用い、150cm<sup>2</sup>の面積から材料を採取した。また、石の大きさはその現場でなるべく揃ったものを選び、表裏から採取を行なった。材料は常法である酸処理、水洗、プレパラートの作成、顕微鏡写真の撮影を行なった。約2000倍に引伸した写真により珪藻の種を同定し各 St の珪藻のリストを作成した。

## III. 結果と考察

### A. 水生動物

採集した水生無脊椎動物を整理した結果、なかには種の同定までにいたらず、属や科の判断にとどまったものもあるが、146種が判定できた。

全採集動物146種のうち、昆虫類が137種で全体の94%をしめている。しかし、これらの採集動物のなかにはごく少数回ごくわずかに個体数が採集されたにすぎないものもあるので、この水系をあらわす代表的な

### 優占種(◎)・準優占種(△)

ガガンボカゲロウ <i>Dipteromimus tipuliformis</i>
△ナミヒラタカゲロウ <i>Epeorus ikanonis</i>
クロタニガワカゲロウ <i>Ecdyonurus tobiionis</i>
◎ヤマトコカゲロウ <i>B. yamatoensis</i>
△オオマダラカゲロウ <i>Ephemerella basalis</i>
△クロマダラカゲロウ <i>E. nigra</i>
フサオナシカワゲラ一種 <i>Amphinemura sp</i>
ヤマトアミメカワゲラモドキ <i>Stavsolus japonicus</i>
カミムラカワゲラ <i>Kamimuria tibialis</i>
ギフシマトビケラ <i>H. gifuana</i>
コカクツツトビケラ <i>Goerodes japonicus</i>
△ヘビトンボ <i>Protohermes grandis</i>
ウスバヒメガガンボ一種 <i>Antocha sp</i>
◎エリユスリカ亜科一種 <i>Orthocladiinae sp</i>
△ミズムシ <i>Asellus hilgendorfi</i>
△カワニナ <i>Semisulcospira bensoni</i>

表3 優占種・準優占種の年別 St 別出現個体数状況

種名	年 St	'82					'83					'84					'85				
		NS	N1	N2	N3	NJ	NS	N1	N2	N3	NJ	NS	N1	N2	N3	NJ	NS	N1	N2	N3	NJ
ナミヒラタカゲロウ (Os)		++	+++	+++	++		++	++	++	+		+	++	+	+		+	++	++	+	
ユミモンヒヤタカゲロウ (Os)		+	+				+	+	+	+		+	+	+	+		+	+	+	+	
ヤマトコゲロウ (～βm～)		+	+++	++	*		+++	++	++	*	+	++	+++	+++	+++		++	+++	+++	*	
オオマダラカゲロウ (～βm～)		+	+	+	+		+	+	+	+		+	+	+			+	+	+	+	
クロマダラカゲロウ (Os～)		+	+	+	++		+	+	+	+		+	+	+	+		+	++	+		
ウルマーシマトビケラ (Os～)		+	++	+	+		+	++	+	+		+	++	++	++		+	++	++	+++	
コガタシマトビケラ (βm)			++	++	+++		+	+	+	+	+	+	+++	+	++		+	+	+	++	
ヘビトンボ (Os～)		+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+
ブユー種 (Os)		+	+	+	+	++	+++	+	+	+	+	*	+		+	+	+				
エリュスリカ亜科 (～βm～)		+	+	+	+	+++	+	+	+	+	+++	+	+	+	+	+		+	+	+	+
ミズムシ (αm)			+	+	+++		+		+	+	++			+	+	+	+		+	+	
ニッポンヨコエビ (Os～)		*	+	+	+		+++	+	+	+		+++	+		+		++	+			
カワニナ (～βm～)		+	+	+	+		+	+	+	+			+		+		+		+		
出現種類数		11	13	11	12	3	13	12	13	13	6	11	12	10	12	4	11	11	10	9	2

⑨ \* : 非常に多い (101 個体以上)    +++ : 多い (100～76 個体)    ++ : ふつう (75～51 個体)

++ : 少ない (50～26 個体)    + : 非常に少ない (25～1 個体)

Os : 貧腐水性    βm : β 中腐水性    αm : α 中腐水性

表4 生物学的階級指数 (Biotic Index β)

非耐忍性種類数=A

耐忍性種類数=B

BI=2A+B

年 St	82/2	82/3	82/5	82/7	82/10	83/2	83/3	82/5	82/7	82/10
NS	35	37	30	20	15	38	34	35	22	28
N1	32	33	25	14	25	36	29	18	11	21
N2	29	27	16	7	27	36	33	9	12	13
N3	25	27	29	25	32	34	37	11	14	30
NJ	6	5	5	3	4	4	8	13	5	1
年 St	84/2	84/3	84/5	84/7	84/10	85/2	85/3	85/5	85/7	85/10
NS	34	33	24	17	9	33	33	14	12	16
N1	21	19	29	15	15	21	24	13	9	19
N2	18	13	—	11	8	9	30	6	10	10
N3	20	35	—	15	22	12	30	22	12	17
NJ	7	4	2	4	5	4	4	6	1	1

⑨ &gt;30    きれい    29～15    ややきれい    14～6    きたない    5～0    きわめてきたない

種を選び出すために、次の手続きをした。

まず、個体数の多少はともかく、生存するという  
ことを重視して、一つの St に 1 回出現した事実を 1 点  
とし、それぞれの種類が何点もっているかを問題にし  
た。この調査期間中の採集回数は総計 108 回 (5 つの

St でそれぞれ 22 回採集、ただし St N2 と St N3 で  
は '84 年の 5 月は工事中で採集できず)、したがって  
108 点を満点としてその 50% (54 点) 以上出現した種  
類を優占種とし 25% (27 点) 以上出現した種類を準優  
占種とし、10% (10 点以下) をはぶいて整理したのが

表5 汚濁階級回数 (調査回数 20 回)

階級 \ St	NS	N1	N2	N3	NJ
きれい	10	3	2	6	0
ややきれい	7	13	6	9	0
きたない	3	4	11	4	5
きわめてきたない	0	0	0	0	15
調査できず	—	—	1	1	—
汚濁率%	15	20	58	21	100

⑨  $\frac{\text{きたない} + \text{きわめてきたない}}{\text{調査回数}} \times 100 = \text{汚濁率}$

表2である。

そこで、この水系の水質状況を判断するために、まず優占種、準優占種の年別 St 別の出現個体数を調べた。

まず表3より、出現個体数の変化をみると、どの種がどの St に出現するかは、ほぼきまっているようである。代表的なものをあげてみると、St N3 にはヤマトコカゲロウ ( $\beta$  中腐水性) が、St Ns には St ショコエビ (貪腐水性) が毎年多数あらわれている。St NJ は現われる種類はかぎられていて 2~6 種にすぎない。

つぎに、全採集動物のなかから指標性の判明している種類をとりあげ、それをもとに各 St の生物学的階級指数 (Biotic Index  $\beta$ ) を算出した。さらに表4から St ごとに'82年2月から'85年10月までの調査回数20回のうち何回汚濁階級の「きたない」「きわめてきたない」の状況になっているかを計算して、それを

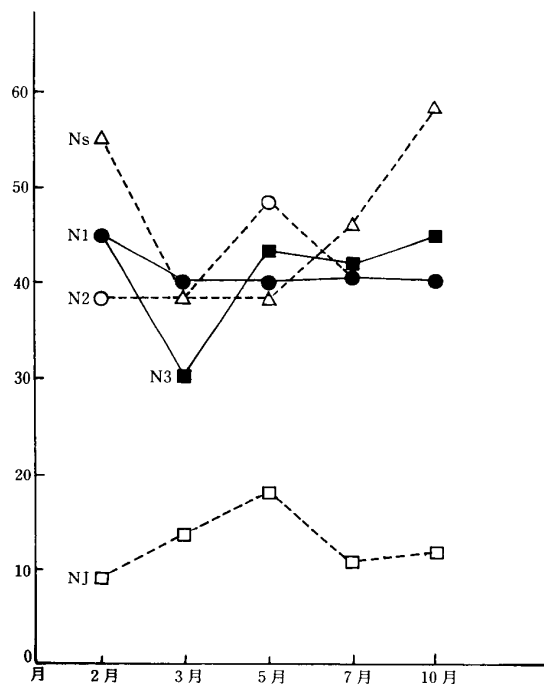


Fig. 2. 各 St の調査月毎の種類数 (5 年平均)

仮に“汚濁率”とした。

$$\frac{\text{きたない} + \text{きわめてきたない}}{\text{調査回数}} \times 100 = \text{汚濁率}$$

表4より、St NJ そして St N2 が「きわめてきたない」「きたない」の状態が多くあらわれていることがわかるが、“汚濁率”をみると St N は 100%，St N2 は 58% となり、全期間を通じて St NJ は他の St にくらべて圧倒的に汚濁がはげしいことをあらわしている。つづいて St N2 となり、産廃処理水の流入しているところが、他にくらべて汚濁度が強いことを示している。

## B. 珪藻

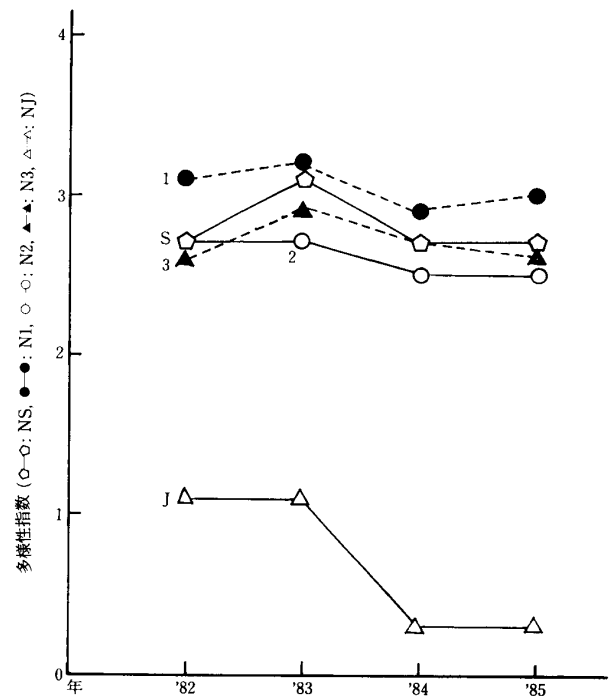


Fig. 3. 多様性指数の年間平均値 (bit)

### 1. 種類数・多様性指数

前記の方法で各 St の珪藻の種類を同定した結果、全種類数は 32 属 310 種 (変種を含む) を数えた。即ち約 5 年間の調査で、この佐保川水系にこれだけ多くの珪藻の種が生存していたことになる。

各 St 毎の種類数は、St NS が 206 種、St N1 が 208 種、St N2 が 219 種、St N3 が 203 種、St NJ が 117 種となり、St NJ がかなり少ないが珪藻が出現してもこの地点では棲息できずに死滅するので減少するものと思われる。

次に調査月毎 (季節的) の種類の変動をまとめると図2の通りである。St NS、N3 は秋から冬にかけて種数が多く、St N1 はほぼ均一に、St N2 は 5 月に多く、St NJ はどの月も他の St に比べて下回っていることがわかる。

各 St の Shannon の多様性指数を年間平均値で算出

した。St NJ を除く他の 4 St は 2.5~3.2 (bit) の間に収まり、珪藻の群集構造がほぼ似かよっている。St N1 が僅かに上位を占め、最上流の St NS の値がやや低い。これは季節によって水田の影響があるものと思わ

れる。また、合流地点の St N3 が 2 つの処理水の流入を受けているにも拘わらずその値が比較的高いのは、川幅が広く、水量が多いために稀釈が行なわれるものと考えられる。St N2 は処理水の流入地点ではあるが、

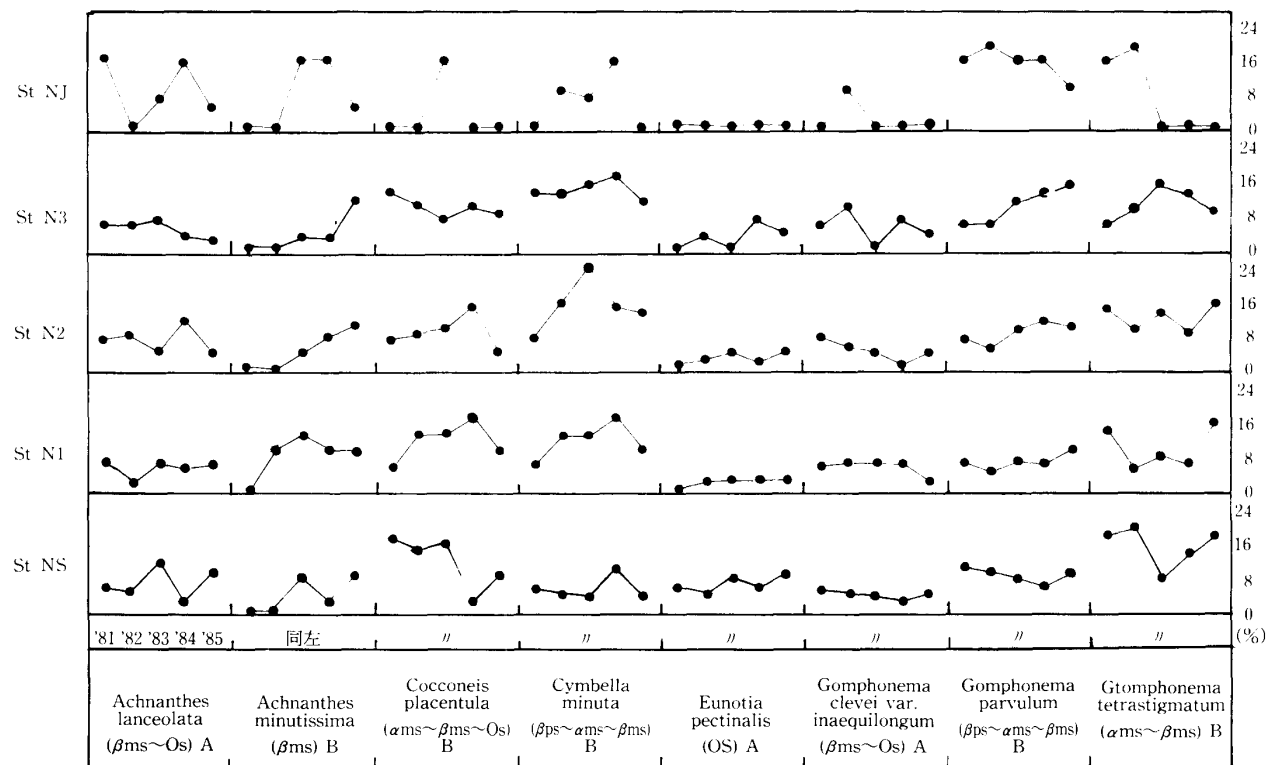


Fig 4. 珪藻の最優占種の出現頻度 (5年平均値%)

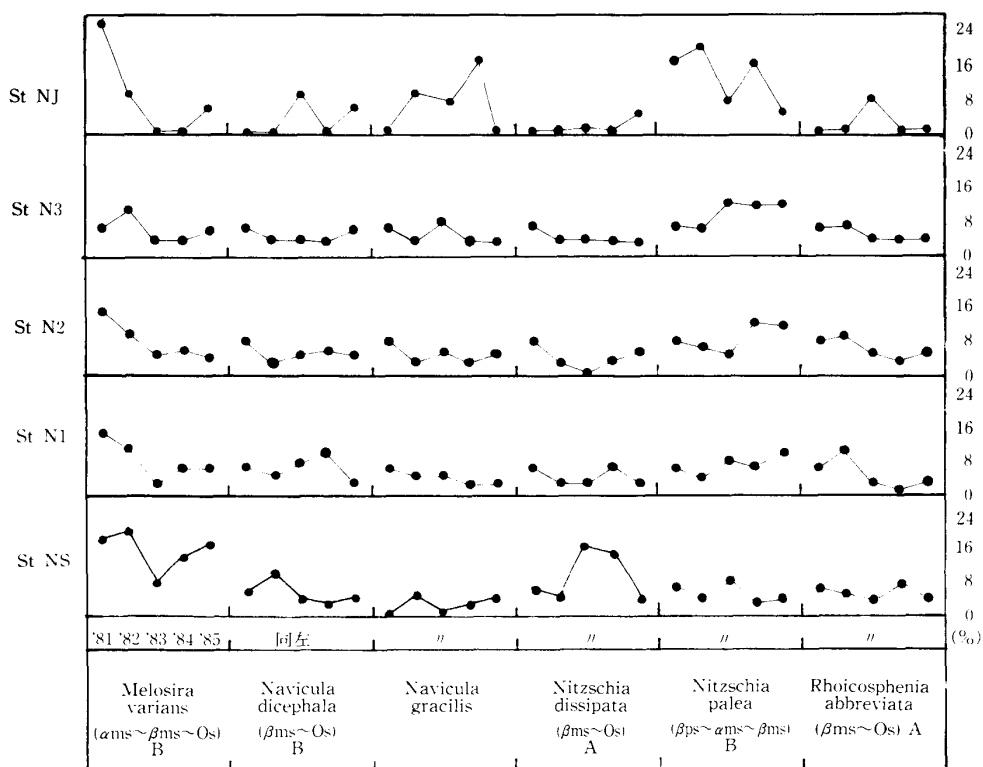


Fig 4. 珪藻の最優占種の出現頻度 (5年平均値%)

汚水と河川水の混り方が早く、下流に運ばれるために St NJ に比べて値が高い。St NJ ではその値がかなり低い、年を重ねる毎に低くなっており、処理水の影響が大であることを表している。

## 2. 珪藻の優占種・最優占種・個体数

この水系の珪藻種類相の特徴を明らかにするために、1St に 1 回出現した事実を 1 点と考えて種類毎の点数を数えた。22 回の採集回数のうち 11 回 (50%) の出現を見た種類を優占種として選び出した。(48 種) しかし、紙面の都合でその全部を記載することが出来ず、更に 48 種の中から 17 回 (80%) の出現を見た種類を選び、最優占種 (14 種) とした。即ち全体の 3/4 以上の回数で出現した種であり、佐保川水系を代表する最優占種と見ることができる。

個体数については各 St 毎に計数を行い、1 年分を合計しその平均値を各年毎に求めた。

次に最優占種として選んだ 14 種が、各 St 毎、各年毎にどのような変動をするかを見るために出現頻度を求めて図 4 に示した。また、下欄に水質の汚濁度を示す指標を付託した。

まず St NS で変動の大きい種は、*Cocconeis placentula*, *Gomphonema tetrastigmatum*, *Melosira varians*, *Nitzschia dissipata* の 4 種であり、特に各年度には関係がないように思われる。St N1 ではどの種も激しい変動はないが、*Cocconeis placentula*, *Gomphonema tetrastigmatum*, *Melosira varians* がやや変動が大きく St NS と似ている。St N2 では *Cocconeis placentula*, *Melosira varians* の 2 種であり、これも上記の 2St と同じである。ただし、強腐水性 ( $\beta_{ps} \sim \alpha_{ms} \sim \beta_{ms}$ ) の指標を示す *Cymbella minuta* が高い出現頻度を示している。St N3 では、変動は少ないが *Cymbella minuta*, *Gomphonema parvulum*, *G. tetrastigmatum*, *Nitzschia palea* がいずれも出現頻度が高い。St NJ は、14 種中 4 種 (*Eunotia pectinalis*, *Gomphonema parvulum*, *Nitzschia dissipata*, *N. palea*) を除いて他種は全く出現しないか、それとも出現頻度が高いかのどちらかでこの変化を捉えるためには、年平均値ではなく、もっとこまかくチェックすることも大切であると考えられる。しかし、St NJ の各種の出現頻度から見て貧腐水性 (Os) の種はどの年にも殆んど出現せず、強腐水性 ( $\beta_{ps} \sim \alpha_{ms} \sim \beta_{ms}$ ) の種の変動が大きいことを表わしている。

珪藻から見た水質汚濁を考えるならば、図 4 の下欄に付記した耐性 (A, B, C) から判断して、清冽種 (A) は全く出現しないか、或いは出現しても頻度が低く、広範囲適応種 (B) が高い頻度を示している。適確な判定をつけることは難しいが St NS, N1 はややきれいな、St N2, N3 はややきたない、St NJ はきたないと言えるであろう。

## 3. 水生昆虫と珪藻の比較

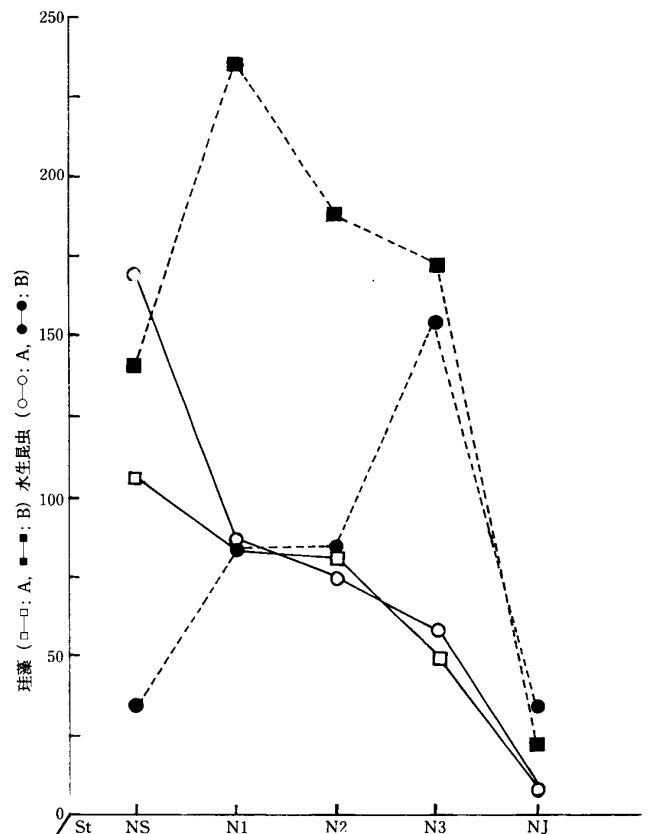


Fig 5. 珪藻と水生昆虫の清冽種(A)・広範囲適応種(B)の個体数

水生昆虫と珪藻の優占種の中から清冽種 (A) を 5 種、広範囲適応種 (B) 5 種をそれぞれ選び出し、各 St 毎に出現個体数の年間平均値 (5 年) を求めて図 5 に示した。

水生昆虫では次の 10 種である。

水生昆虫 (A)	水生昆虫 (B)
ナミヒラタカゲロウ	ヤマトコカゲロウ
ユミモンヒラタカゲロウ	オオマダラカゲロウ
ウルマーシマトビケラ	コガタシマトビケラ
ブユ Sp.	エリユスリカ亜科 sp
ニホンヨコエビ	ミズムシ
珪藻 (A)	珪藻 (B)
<i>Achnanthes lanceolata</i>	<i>Achnanthes minutissima</i>
<i>Ceratoneis arcus</i>	<i>Cocconeis placentula</i>
<i>Eunotia pectinalis</i>	<i>Cymbella minuta</i>
<i>Nitzschia linearis</i>	<i>Gomphonema tetrastigmatum</i>
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	<i>Nitzschia palea</i>

まず清冽種では水生昆虫が St NS で平均値が珪藻よりも高く、他の St ではほぼ同様な値を示している。広範囲適応種では珪藻が St N1, N2 で特に値が高く、水生昆虫では St N3 がやや高いが、他の St は低い。St NJ では A・B 共に個体数の出現が少ないことを示している。また水生昆虫と珪藻の開きが大きいのは St NS であり、次に St N1, N2 と続き St N3, NJ ではそ

の差が殆んどない。これは水質の汚濁が進むにつれて、両者共に特定の種、それも汚濁種の出現率が高くなり、もつと汚濁が進めばやがて生物は、何も出現しなくなることを表わしている。

#### 4. 結論

こういう事実から、珪藻と水生昆虫の出現の仕方を比較しながら、また両者のライフサイクルの速度や構造上の複雑さから来る相違を追求することも大切であると考えられる。

産廃処理水の水生生物に与える影響をそのみ純粹に把握することが如何に難しいかを痛感している。季節的变化、河川環境（護岸工事等）の大きな変動、それに伴う川床の石の動き、そして水質や水量の変化など取り上げれば限りのない微細環境の中で生物達はいかに生き伸び、そして子孫を増殖するかを流れ行く水の中で真剣に闘っている。これをふまえて処理場の定期点検、水質の化学的検査等行なわれることを願っている。我々も今後更に引続いて点検してゆかねばならないと考えている。

図版 1 は、当時の各 St の河川状況を撮影した写真である。

#### 謝 辞

この研究報告をまとめるに当り、調査に色々ご指導を頂いた故渋谷寿夫先生、珪藻の種の同定にご教示頂いた京都大学名誉教授平野 実先生に厚くお礼を申し上げます。

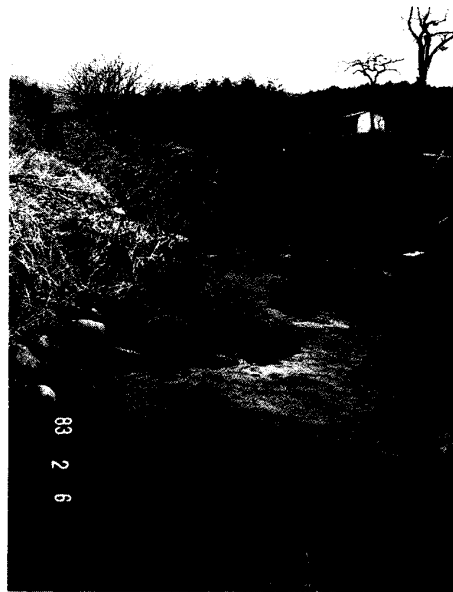
(1992 年 8 月 10 日受理)

#### 参考文献

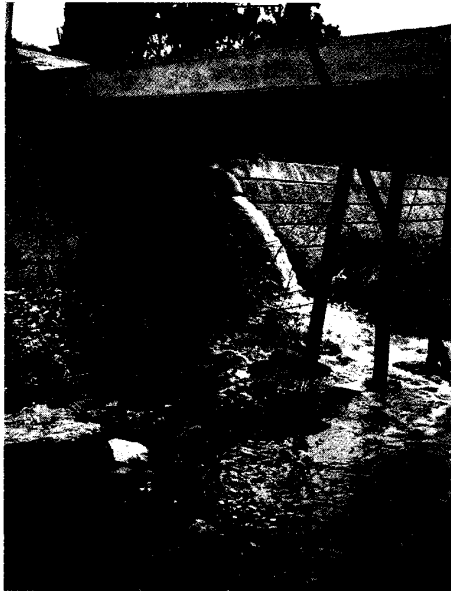
- 1) 巖佐耕三：珪藻の生物学，東京大学出版会，35-70（1976）
- 2) 川合禎次編：日本産水生昆虫検索図説，東海大学出版会，. 12-271（1985）
- 3) 小杉廸子・森本 博：福井県串小川の水生動物と珪藻群集(第 1 報)，京都府立大学学術報告，理学・生活科学，**38**，5-20（1987）
- 4) 渋谷寿夫・森本 博・小杉廸子：奈良市南部土地改良清美事業に伴う流域河川の生態学的調査，16-67（1985）
- 5) 信州大学教養部自然保護講座編：自然保護を考える，162-203（1989）



1



2



3



4



5

## 図版 1

1. StNS (最上流部)
2. StN1 (佐保川の上流)
3. StN2 (佐保川の下流, 処理水の流入口)
4. StN3 (合流地点)
5. StNJ (常時, 川床は赤褐色)